

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



AUSGEGEBEN AM  
14. DEZEMBER 1961

DEUTSCHES PATENTAMT

# PATENTSCHRIFT

Nr. 975 508

KLASSE 17f GRUPPE 503

INTERNAT. KLASSE F25h

H 21438 Ia/17f

Dr.-Ing. Alfred Schütte, Kassel  
ist als Erfinder genannt worden

Henschel-Werke G.m.b.H., Kassel

## Röhrenwärmeaustauscher

Patentiert im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vom 11. September 1954 an

Patentanmeldung bekanntgemacht am 8. November 1956

Patenterteilung bekanntgemacht am 23. November 1961

Der Wärmeaustauscher ist ein unentbehrliches Bauelement für alle Gasturbinen, bei denen man einen hohen Wirkungsgrad erreichen will. Gleichzeitig ist er auch der umfangreichste und schwerste Bauteil der ganzen Anlage. Mit großem Vorteil wendet man bei Gasturbinen den sogenannten Kreuzstrom-Wärmeaustauscher an. Dieser Wärmeaustauscher besteht gewöhnlich aus zwei Kesseltrommeln und zwischen diesen Trommeln angeordneten Rohren, die von der zu erwärmenden Luft durchströmt werden, während die heißen Abgase der Turbine senkrecht zu den Rohren meistens in mehreren Zügen strömen.

Um ein Durchströmen in mehreren Zügen zu ermöglichen, sind üblicherweise senkrecht zu den Rohren durchgehende Trennbleche angeordnet. Mit Rücksicht auf diese Trennbleche sollen die Rohre gerade, d. h. ohne Krümmungen, ausgeführt sein. In Strömungsrichtung der Abgase, d. h. senkrecht zur Achse der Kesseltrommeln, ist eine große Anzahl von Rohren angeordnet. Diese Tatsache bedingt einen großen Durchmesser der Kesseltrommeln, der sehr viel größer sein muß als die Länge des Rohrbündels, in Strömungsrichtung gemessen. Andernfalls würden die äußeren Rohre des Bündels in die Kesseltrommeln in einem sehr spitzen Win-

kel eintreten, was die Befestigung der Rohre in den Trommeln sehr erschweren, wenn nicht gar unmöglich machen würde.

Die Anordnung von Trommeln mit ebenen Böden, in denen die Rohre leicht befestigt werden könnten, verbietet sich mit Rücksicht auf die außerordentlich hohen Beanspruchungen, denen ebene Böden durch den Innendruck ausgesetzt sind. Man hat auch schon Trommeln vorgeschlagen, deren die Rohre aufnehmenden Böden elliptisch geformt sind, während der übrige Teil zylindrische Form haben kann. Die Beanspruchungsverhältnisse sind hier zwar wesentlich günstiger, aber die elliptischen Böden müssen immer noch wesentlich stärker ausgebildet werden als zylindrische Kesseltrommeln. Insbesondere müssen die Übergangsstellen vom zylindrischen zum elliptischen Teil sehr kräftig gehalten werden, wenn man ein Verformen der ganzen Trommeln vermeiden will. Diese Ausführungen sind außerdem schwierig und teuer in der Herstellung.

Die bekannten Wärmeaustauscher weisen noch weitere Mängel auf. Bei Undichtigkeiten eines oder mehrerer Rohre ist es schwierig, die schadhaften Stellen zu finden. Die Beseitigung von Undichtigkeiten bedingt meistens das Herausreißen einer großen Anzahl von Rohren.

Eine Normalisierung und Typisierung der bekannten Wärmeaustauscher ist kaum möglich, da der gesamte Wärmeaustauscher von der Größe und Art der Gasturbine abhängt.

Die genannten Nachteile könnten dadurch vermieden werden, daß man, wie bereits bei anderen Wärmeaustauschern ausgeführt, die den Wärmehaustausch vermittelnden kleinen Rohre zu einzelnen unter sich gleichen Rohrbündeln zusammenfaßt. Die einzelnen Rohre dieser bekannten Rohrbündel sind an ihren Enden in mit entsprechenden Bohrungen versehenen Sammelkästen befestigt.

Diese Ausführungsform hat außerdem den Vorteil, daß die Rohrbündelelemente für die verschiedensten Wärmeaustauscher verwendet werden können, indem man sie in größeren oder kleineren Stückzahlen zusammenfügt.

Wenn verschiedene Längen der den Wärmehaustausch vermittelnden Rohre benötigt werden, dann können immer noch die Sammelkästen beibehalten werden.

Bei Wärmeaustauschern für Gasturbinen ist ferner noch zu berücksichtigen, daß es wichtig ist, den Druckverlust möglichst klein zu halten. Da im allgemeinen in Gasturbinen nur relativ niedrige Drücke auftreten, fällt auch ein verhältnismäßig kleiner Druckverlust prozentual schon stark ins Gewicht.

Die Zahl der in Strömungsrichtung der Abgase angeordneten Rohre beeinflusst in zunehmendem Maße den Druckverlust der Abgase. Dieser Druckverlust nimmt fast mit der 3. Potenz der Zahl der in Strömungsrichtung der Abgase angeordneten Rohre zu. Die Zahl der senkrecht zur Strömungsrichtung der Abgase angeordneten Rohre wird in erster Linie durch die Abgasmenge bestimmt. Bei

allen Kreuzstrom-Wärmeaustauschern für Gasturbinen ist deshalb auch die Zahl der Rohre in Strömungsrichtung der Abgase wesentlich geringer als die Zahl der Rohre senkrecht zur Strömungsrichtung der Abgase. Dieser Tatsache ist bei den bekannten Wärmeaustauschern mit Zusammenfassung von mehr oder weniger Rohren zu Rohrbündelelementen und auch bei Anordnung der Rohrbündelelemente in Reihen quer zur Strömung des die Rohre umspülenden Mittels nicht Rechnung getragen.

Zweck der Erfindung ist, einen Röhrenwärmeaustauscher für Gasturbinenanlagen zu schaffen, der den genannten Forderungen gerecht wird und unter Heranziehung der bei bekannten Wärmeaustauschern bereits angewandten vorteilhaften Ausführungen die angeführten Nachteile vermeidet.

Es wird dabei von einem Röhrenwärmeaustauscher mit mehreren unter sich gleichen Rohrbündelelementen ausgegangen, bei dem die Rohrbündelelemente von der zu erwärmenden Luft in Parallelschaltung durchströmt und von den heißen Abgasen in einem oder mehreren Zügen umspült werden und die Enden der die Rohrbündelelemente bildenden geraden, d. h. ohne jede Krümmung ausgeführten Rohre in mit entsprechenden Bohrungen versehenen Sammelkästen befestigt sind, die mit einem rohrförmigen Ansatz in einer oberen und einer unteren Kesseltrommel eingeschweißt oder sonst zweckmäßig befestigt sind.

Das Merkmal der Erfindung besteht darin, daß die einzelnen Rohrbündelelemente, in Strömungsrichtung der Abgase gesehen, eine wesentlich größere Rohrzahl umfassen als in der Richtung senkrecht zur Strömung der Abgase und in an sich bekannter Weise senkrecht zur Strömungsrichtung der Abgase gesehen, zu mehreren nebeneinander in einer oder zwei Reihen angeordnet sind.

Da bei dieser Anordnung in einem Rohrbündelelement nur wenige Rohre senkrecht zur Strömungsrichtung der Abgase angeordnet sind, hat man es in der Hand, die Zahl der senkrecht zur Strömung der Abgase angeordneten Rohre den in einer Anlage jeweils vorhandenen Gasmengen entsprechend feinfühlig anzugleichen. Darüber hinaus kann man die in Richtung des Abgasstromes hintereinander angeordneten Rohre in einer oder höchstens zwei Reihen von Rohrbündelelementen unterbringen, so daß ein schadhaftes Rohrbündelelement ohne Beschädigung oder Entfernung benachbarter Rohrbündelelemente herausgenommen und ersetzt werden kann.

Bei der erfindungsgemäßen Anordnung werden ferner in an sich bekannter Weise die Rohre eines jeden Rohrbündelelementes an beiden Enden in rechteckigen Bodenplatten durch Einwalzen, Eindornen, Hartlöten oder auf eine andere zweckmäßige Art und Weise befestigt, während die Bodenplatten wiederum in kastenförmige Gehäuse eingeschweißt sind, die der Bodenplatte gegenüber in einem rohrförmigen Ansatz von Kreisquerschnitt auslaufen. Die Öffnung hat erfindungsgemäß etwa den gleichen Querschnitt wie die

Summe aller zu einem Rohrbündelelement gehörenden Rohre, der rohrförmige Ansatz wird mit der Kesseltrommel verschweißt.

In Fortführung der Erfindung ist der kreisförmige Ansatz des kastenförmigen Gehäuses nicht zentrisch, sondern in Strömungsrichtung der Abgase gesehen nach einem Ende des Gehäuses hin versetzt. Diese Anordnung ermöglicht es, daß bei der Aneinanderfügung der einzelnen Rohrbündelelemente in den Kesseltrommeln genügend Material zwischen den Öffnungen für die rohrförmigen Ansätze des kastenförmigen Gehäuses bleibt, indem diese Öffnungen abwechselnd rechts und links von der Symmetrieebene angeordnet werden.

Bei der Aneinanderreihung der einzelnen Rohrbündelelemente läßt es sich nicht vermeiden, daß zwischen den einzelnen Elementen ein größerer Zwischenraum entsteht, als der normalen Rohrtteilung entspricht. Durch diesen Zwischenraum kann ein größerer Teil der Abgase strömen, der nicht genügend zum Wärmeaustauscher herangezogen wird. Um diesen Nachteil zu vermeiden, werden erfindungsgemäß in diese Spalte Platten eingesetzt, die zur Gewichtsersparnis aus Hohlblechen ausgeführt sein können.

In den Fig. 1 bis 5 ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung schematisch dargestellt.

Fig. 1 zeigt einen Längsschnitt eines Wärmeaustauschers,

Fig. 2 einen Teil eines Schnittes nach der Linie I-I der Fig. 1,

Fig. 3 einen Schnitt nach der Linie II-II der Fig. 2,

Fig. 4 einen Schnitt nach der Linie III-III der Fig. 3 und

Fig. 5 die Anordnung von in Strömungsrichtung der Abgase in zwei Reihen angeordneten Rohrbündelelementen.

Die Rohre 1 eines Rohrbündelelementes sind an den beiden äußeren Enden in den Bodenplatten 2 durch Einwalzen, Eindornen oder ähnlich befestigt. Die Zwischenbleche 3 bilden die Begrenzung der einzelnen Züge und sind mit Hilfe der Anker 4, der Distanzstücke 5 und der Muttern 6 im gewünschten Abstand von den Bodenplatten 2 gehalten. Die Bodenplatten 2 sind mit den kastenförmigen Gehäusen 7 zweckmäßigerweise durch Schweißung verbunden. An der der Bodenplatte gegenüberliegenden Seite hat das Gehäuse 7 einen kreisrohrförmigen Ansatz 8, der mit Hilfe der Muffe 9 an den rohrförmigen Ansatz 10 der oberen und unteren Kesseltrommel 11 und 12 angeschweißt ist. Die Strömungsrichtung der Abgase ist durch Pfeile angedeutet. Senkrecht zur Strömungsrichtung sind die einzelnen Wärmeaustauscherelemente derart nebeneinander gesetzt, daß der rohrförmige Ansatz 8 des Gehäuses 7 abwechselnd links und rechts von der Symmetrieachse des Wärmeaustauschers zu liegen kommt. Um den Zwischenraum zwischen den Rohren 1 der einzelnen Rohrbündelelemente auszufüllen, sind zwischen die Bodenplatten 2 je zweier Rohrbündelelemente entsprechend gebogene Bleche 13 und 14 eingesetzt, die zwischen

sich als Abschluß halbkreisförmig gebogene Blechstreifen 15 tragen. Durch die Bolzen 16 und Muttern 17 werden die Bleche 13 und 14 in ihrer Lage zwischen den Rohrbündelelementen festgehalten.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Röhrenwärmeaustauscher für Gasturbinenanlagen mit mehreren unter sich gleichen Rohrbündelelementen, die von der zu erwärmenden Luft in Parallelschaltung durchströmt und von den heißen Abgasen in einem oder mehreren Zügen im Kreuzstrom umspült werden, wobei die Enden der die Rohrbündelelemente bildenden geraden, d. h. ohne jede Krümmung ausgeführten Rohre in mit entsprechenden Bohrungen versehenen Sammelkästen befestigt sind, die mit einem rohrförmigen Ansatz in einer oberen und einer unteren Kesseltrommel eingeschweißt oder sonst zweckmäßig befestigt sind, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Rohrbündelelemente, in Strömungsrichtung der Abgase gesehen, eine wesentlich größere Rohrzahl umfassen als in Richtung senkrecht zur Strömung der Abgase und in an sich bekannter Weise senkrecht zur Strömungsrichtung der Abgase gesehen, zu mehreren nebeneinander in einer oder zwei Reihen angeordnet sind.

2. Röhrenwärmeaustauscher nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sammelkästen der einzelnen Rohrbündelelemente eine an sich bekannte rechteckige ebene Bodenplatte, in der die einzelnen Rohre befestigt sind, und gegenüber dieser Bodenplatte einen kreisrohrförmigen Ansatz besitzen, der mit einem an der Kesseltrommel des Wärmeaustauschers befestigten rohrförmigen Ansatz verbunden ist.

3. Röhrenwärmeaustauscher nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der rohrförmige Ansatz der Sammelkästen, senkrecht zur Strömungsrichtung der Abgase gesehen, außer der Mitte des Sammelkastens angeordnet ist.

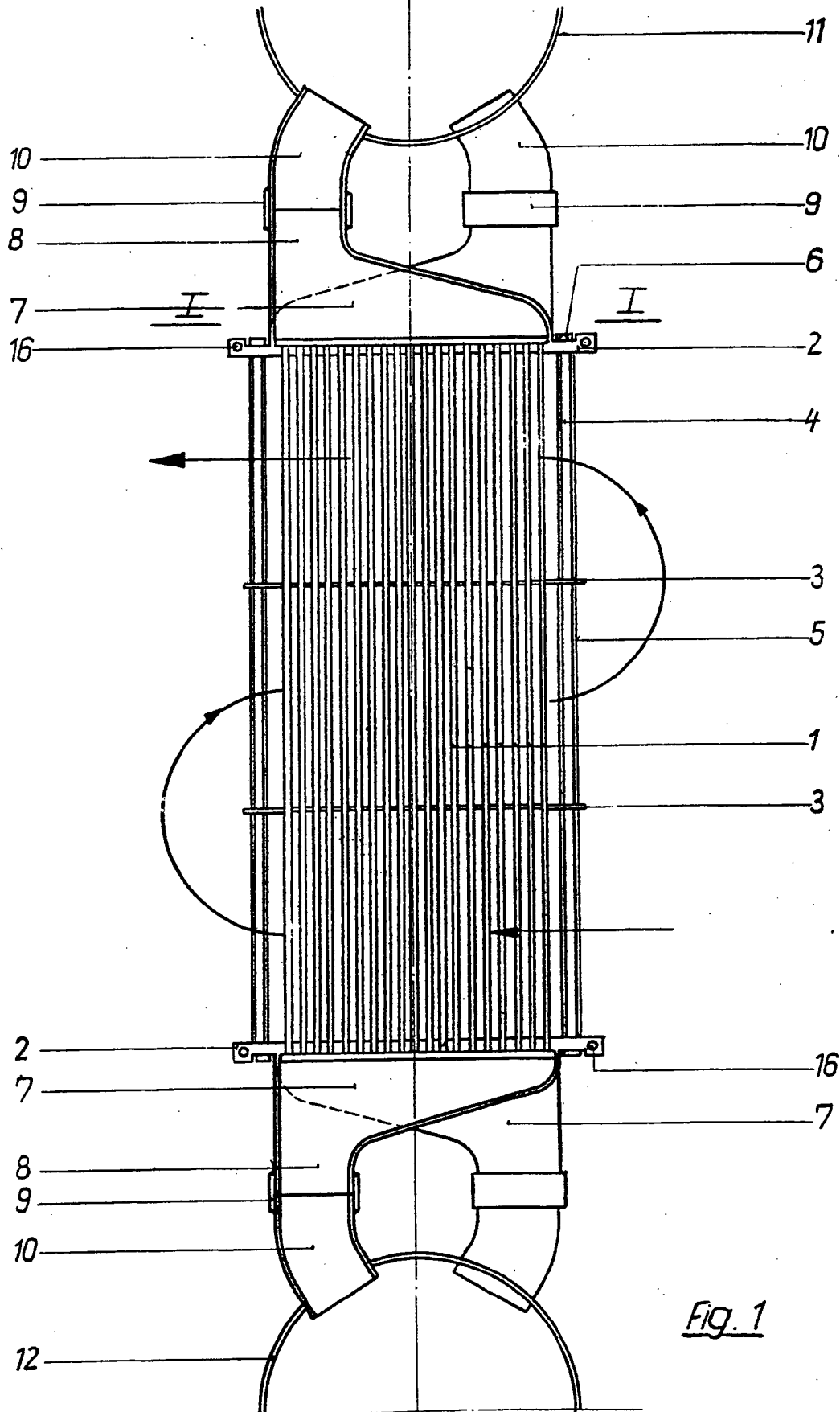
4. Röhrenwärmeaustauscher nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den senkrecht zur Strömungsrichtung der Abgase aneinandergereihten Rohrbündelelementen beispielsweise aus Blechen zusammengesetzte Hohlkörper angeordnet sind, die den zwischen den Rohrreihen zweier benachbarter Rohrbündelelemente vorhandenen Zwischenraum ausfüllen.

5. Röhrenwärmeaustauscher nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Rohrbündelelemente senkrecht zur Strömungsrichtung der Abgase derart nebeneinander gesetzt sind, daß der rohrförmige Ansatz der Sammelkästen abwechselnd rechts und links von der Symmetrieachse des Wärmeaustauschers zu liegen kommt.

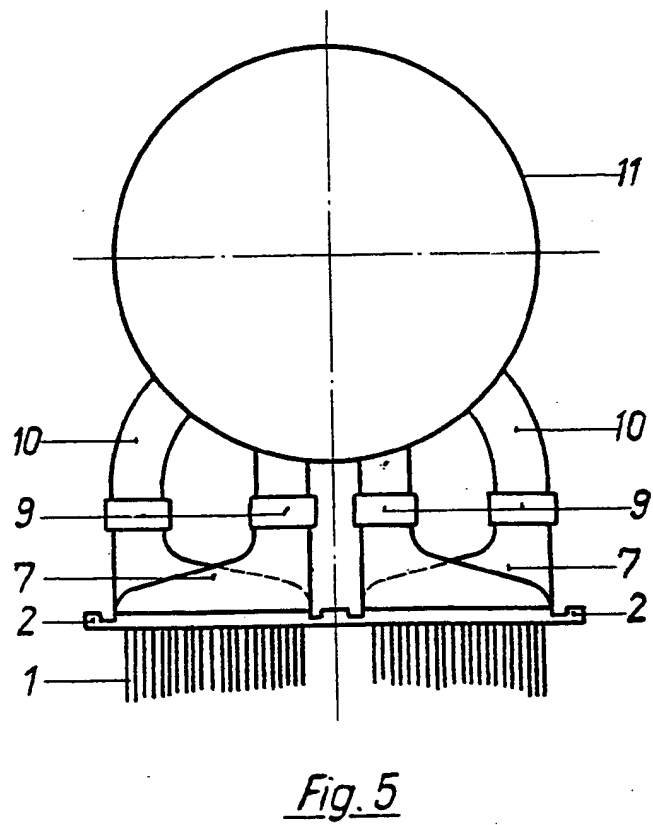
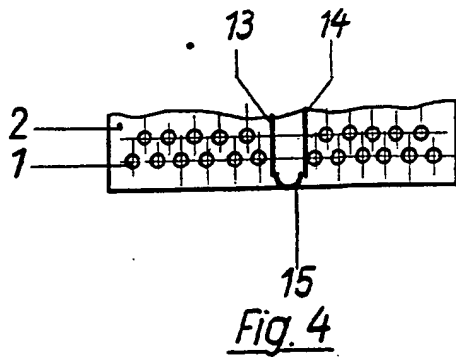
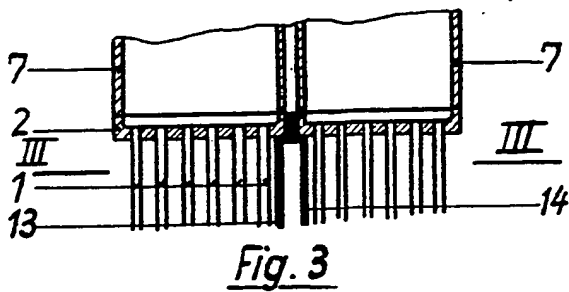
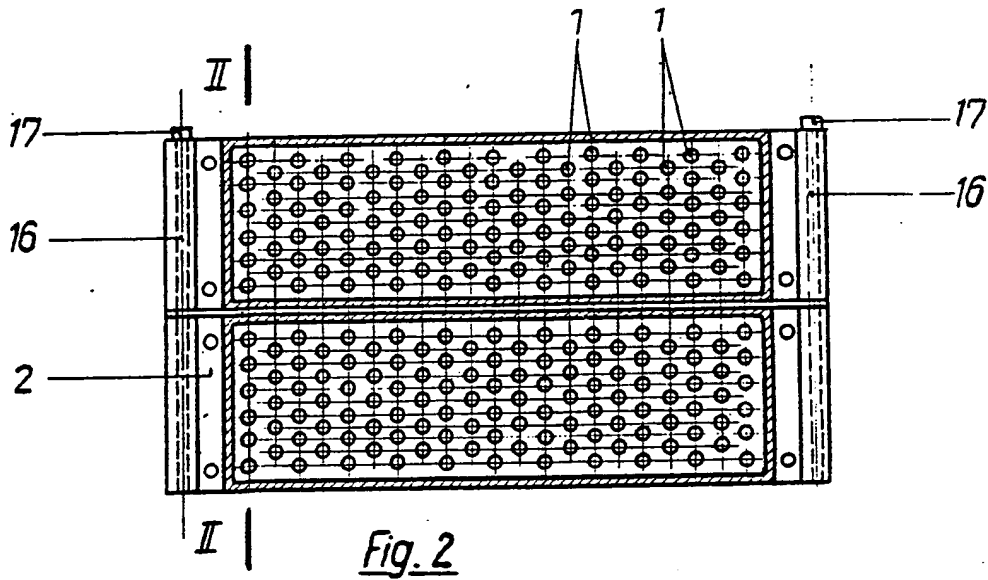
In Betracht gezogene Druckschriften:  
Deutsche Patentschriften Nr. 853 294, 818 959,  
725 313, 480 962, 464 492, 452 832, 415 042;  
deutsche Patentanmeldung A 143531a/17f (be-  
5 kanntgemacht am 21. 8. 1952);  
österreichische Patentschrift Nr. 33 513;

schweizerische Patentschrift Nr. 243 912;  
französische Patentschrift Nr. 961 103;  
USA.-Patentschriften Nr. 2 433 731, 2 271 484,  
2 256 303, 2 187 555, 2 179 703;  
Transactions of the A. S. M. E., November 1946,  
S. 804. 10

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen



*Fig. 1*



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**